

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОВРЕЖДЕННОЙ УССУРИЙСКИМ ПОЛИГРАФОМ ПИХТЫ НА СНИМКАХ С БПЛА МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

К.А. Маслов

Научный руководитель доцент О.С. Токарева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одним из негативных факторов, воздействующих на пихтовые леса Сибирского и Дальневосточного округов, является инвазивное насекомое-вредитель уссурийский полиграф, поразившее множество пихтарников Томской области и других субъектов РФ. Прогнозируется расширение ареала вредителя [1]. Состояние крон деревьев, заселенных уссурийским полиграфом, зависит от степени повреждения и характеризуется хвоей ярко-рыжего цвета и ее последующей гибелью, выделяют шесть категорий пораженных деревьев (рис. 1) [2]. В связи с обозначенной проблемой актуальной является автоматизация процесса классификации цифровых изображений, полученных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), с целью обнаружения и оценки состояния поврежденных деревьев. Преимуществами использования БПЛА являются высокое пространственное разрешение получаемых снимков и возможность проведения оперативного мониторинга.

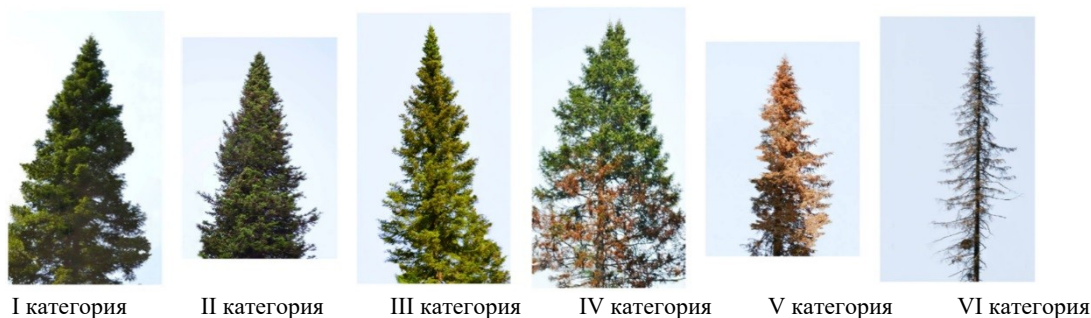


Рис. 1 Кроны деревьев пихты сибирской в очаге массового размножения уссурийского полиграфа [2]

В качестве исходных данных был использован снимок с БПЛА и соответствующая разметка специалистом деревьев пихты на классы 1) «живые», 2) «отмирающие», 3) «сухостой прошлых лет» и 4) «свежий сухостой» (рис. 2, слева). Исходные данные были предоставлены старшим научным сотрудником лаборатории мониторинга лесных экосистем Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН к.б.н. И. А. Керчевым. Классифицированные кроны были представлены в виде полигонов (рис. 2, справа).



Рис. 2 Исходные данные (слева) и соответствующая разметка в виде полигонов (справа) (фрагмент)

Для решения задачи классификации было предложено два подхода: с использованием детерминированного алгоритма и с использованием нейросетевой архитектуры U-Net [5].

Предложенный детерминированный алгоритм состоит из последовательных шагов сегментации крон поврежденных деревьев и их классификации. Для сегментации крон производится: 1) формирование маски крон поврежденной растительности путем пороговой фильтрации рассчитанного вегетационного индекса VARI, количественно отражающего состояние растительного покрова [4]; 2) применение полученной маски к исходному изображению в градациях серого; 3) размытие полученного изображения фильтром Гаусса; 4) применение алгоритма водоразделов. Признаки для классификации полученных сегментов формировались как усредненные значения интенсивности в каналах для 100 самых ярких пикселей сегмента. Множество сегментов было разделено на обучающую и тестовую выборку. В качестве алгоритма классификации был выбран алгоритм  $k$  ближайших соседей,  $k=1$ .

Для обучения нейросетевой модели U-Net была предусмотрена следующая процедура подготовки исходных данных: 1) из исходной сцены выбирались три области  $256 \times 256$  пикселей и помещались в валидационную выборку; 2) выбирались три области  $256 \times 256$  пикселей так, чтобы они не попадали в валидационную выборку, и помещались в тестовую выборку; 3) оставшаяся область нарезалась на фрагменты  $256 \times 256$  пикселей с шагом 128 пикселей, которые помещались в обучающую выборку; 4) сцена поворачивалась на 15 градусов по часовой стрелке и процедура повторялась, пока не был совершен полный оборот. Нейросетевая модель обучалась до тех пор, пока значение функции потерь (взвешенной перекрестной энтропии) на валидационной выборке уменьшалось.

На рис. 3 представлены результаты классификации трех тестовых сцен с использованием предложенных подходов.

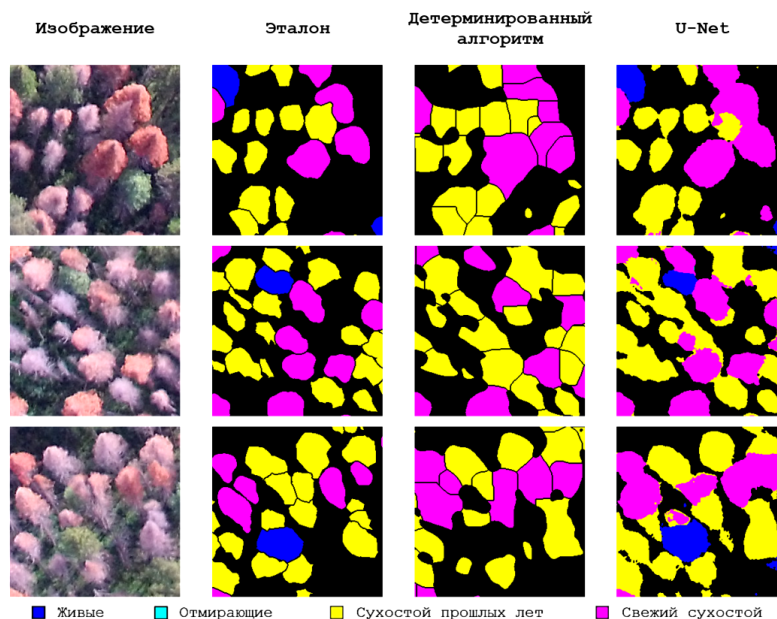


Рис. 3 Результаты классификации тестовых участков

Анализ результатов показывает, что оба подхода применимы в решении задачи классификации поврежденной пихты на снимках БПЛА. При этом детерминированный алгоритм не пригоден для классификации деревьев класса «живые», однако позволяет проводить оценку количества деревьев на снимке. Обученная нейросетевая модель U-Net характеризуется меньшей ошибкой классификации, но при описанной процедуре обучения на имеющемся наборе данных оказалась не способна точно воспроизвести границы отдельно стоящих деревьев.

В таблице приведены количественные показатели качества ассигасы (доля правильных ответов), precision (точность), recall (полнота) и F1 score (F1-мера) [3] для предложенных подходов, рассчитанные по результатам классификации тестовых сцен.

Таблица 1

Метрики качества классификации

Класс	Детерминированный алгоритм				U-Net			
	Accuracy	Precision	Recall	F1	Accuracy	Precision	Recall	F1
Фон	0,76	0,84	0,72	0,78	0,85	0,96	0,78	0,86
Живые	0,97	0	0	0	0,99	0,77	0,90	0,83
Сухостой прошлых лет	0,83	0,64	0,76	0,70	0,87	0,73	0,83	0,77
Отмирающие	–	–	–	–	–	–	–	–
Свежий сухостой	0,88	0,54	0,81	0,65	0,92	0,63	0,94	0,76

Из данных таблицы можно сделать вывод о более высоком качестве классификации пикселей изображения с использованием нейросетевой архитектуры U-Net. Эффективность предложенных подходов может быть улучшена путем увеличения количества данных для обучения классификаторов, привлечения качественно новых данных (например, снимков в инфракрасном диапазоне или карт глубины) и модификации имеющихся алгоритмов и подходов к обучению.

#### Литература

1. Кривец С. А. Современное распространение и прогноз расширения инвазионного ареала уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 в Томской области (Западная Сибирь) [Текст] / Кривец С. А., Керчев И. А., Бисирова Э. М., Дебков Н. М. // Евразийский энтомологический журнал. – 2018. – Т. 17. – № 1. – С. 53 – 60.
2. Уссурийский полиграф в лесах Сибири [Текст] : монография / Кривец С. А., Керчев И. А., Бисирова Э. М., Пашенова Н. В., Демидко Д. А., Петько В. М., Баранчиков Ю. Н. под ред. Кривец С. А. – Томск: Изд-во «Умиум». – 2015. – 48 с.
3. Evaluation of RGB-Based Vegetation Indices from UAV Imagery to Estimate Forage Yield in Grassland [Text] / Lussem U., Bolten A., Gnyp M. L., Jasper J., Bareth G. // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2018. – Vol. XLII-3. – pp. 1215 – 1219.
4. Hossin M. Review on Evaluation Metrics for Data Classification Evaluations [Text] / Hossin M., Sulaiman M. N. A // International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process. – 2015. – Vol. 5. – No. 2. – DOI:10.5121/ijdkp.2015.5201.
5. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1505.04597>.